Chapitre 7:
MACHINES THERMIQUES

Dans les machines thermiques, un fluide décrit des cycles en échangeant de la chaleur avec des sources thermiques et du travail.
Si le travail est négatif, la machine est motrice.
Si le travail est positif, la machine est réceptrice.
Au cours d'un cycle :

DU = 0 et DS = 0

1. MACHINE MONOTHERME

Le fluide échange de la chaleur Q avec une source de chaleur à la température T0 et du travail W.
Bilan énergétique :

DU = W + Q = 0 Þ W = – Q

Bilan entropique :

DS = (Q / T0) + Sp = 0 avec Sp ³ 0 Þ Q = - T0 Sp £ 0

Machine monotherme :

Q £ 0 W ³ 0

Le second principe exclut les moteurs monothermes mais autorise les récepteurs monothermes.

2- MACHINES DITHERMES

Le fluide échange de la chaleur Qc avec une source de chaleur chaude à la température Tc, de la chaleur Qf avec une source de chaleur froide à la température Tf et du travail W :
Bilan énergétique :

DU = W + Qc + Qf = 0 Þ W = - (Qc + Qf)

Bilan entropique :

DS =(Qc / Tc) + (Qf / Tf) + Sp = 0 avec Sp ³ 0

Inégalité de Clausius :

(Qc / Tc) + (Qf / Tf) = - Sp £ 0

On peut définir trois types de machines :

- moteur.
- réfrigérateur.
- pompe à chaleur.

Moteur : W < 0
Qc > 0 Qf < 0
Rendement h = - W/ Qc = 1 + Qf / Qc
Rendement du moteur réversible (rendement de Carnot) :

hrev = 1 - Tf / Tc

Réfrigérateur : Qf > 0
W > 0 Qc < 0

Efficacité e :

e = Qf / W = -

Efficacité du réfrigérateur réversible :

erev = Tf / (Tc – Tf)

Pompe à chaleur : Qc < 0

$W > 0 \quad Q_f > 0$

Efficacité e :

$$e = - Q_c / W =$$

Efficacité de la pompe à chaleur réversible :

$$e_{rev} = T_c / (T_c - T_f)$$

3. MACHINES POLYTHERMES

3.1. N Sources de chaleur de température Ti

Bilan énergétique :

$$\Delta U = W + Q_i = 0 \Rightarrow W = - Q_i$$

Bilan entropique :

$$\Delta S = Q_i / T_i + S_p = 0 \text{ avec } S_p \geq 0$$

Inégalité de Clausius :

$$Q_i / T_i = - S_p \leq 0$$

3.2 N « Sources de chaleur » à températures variables Ti

Bilan énergétique :

$$\Delta U = W + Q_i = 0 \Rightarrow W = - Q_i$$

Bilan entropique :

$$\Delta S = (dQ_i / T_i) + S_p = 0 \text{ avec } S_p \geq 0$$

Inégalité de Clausius :

$$(dQ_i / T_i) = - S_p \leq 0$$

4. LES CYCLES

4.1 Le cycle moteur de Carnot

C'est un cycle ditherme réversible constitué de deux isothermes et deux adiabatiques. Le rendement est donc maximal : $\eta_{rev} = 1 - (T_f / T_c)$

4.2. Cycle Diesel

Ce cycle moteur est composé d'une isochore, d'une isobare et deux adiabatiques réversibles et est utilisé industriellement.

Le rendement de ce cycle est : $\eta = 1 -$